

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

EP 22106



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 31 03 354 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:  
**G 01 C 9/00**  
G 01 P 15/00

②① Aktenzeichen:  
②② Anmeldetag:  
④③ Offenlegungstag:

P 31 03 354.7  
31. 1. 81  
4. 11. 82

⑦① Anmelder:  
Kappner, Helmut, Dipl.-Ing.(FH), 6720 Speyer, DE

⑦② Erfinder:  
gleich Anmelder

**Behördeneigentum**

⑤④ **Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor**

Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor mit wählbarer Proportionalität zwischen Eingangs- und elektrisch auswertbarer Ausgangsgröße. Der erfindungsgemäße Sensor dient zur Horizontalbeschleunigungsmessung und Neigungswinkelmessung insbesondere bei Fahrzeugen. Er bietet eine Problemlösung an für den Übergang von den mechanisch-physikalischen Größen Beschleunigung bzw. Neigung zu einer elektrischen Bezugsgröße, die dann optische oder akustische Anzeigen beaufschlagen kann. Als Zwischen-Meßgröße wird der Weg einer zwangsgeführten Masse ausgewertet, den diese unter Einfluß der o.g. physikalischen Größen zurücklegt. Ein hervorragendes Mittel des Sensors ist der einfache mechanische Aufbau, der low-cost-Anwendungen und Massenproduktion erlaubt. (31 03 354)

DE 3103354 A 1

DE 3103354 A 1

Helmut Kappner

Weißdornweg 5  
6720 Speyer

3103354

13. Januar 1981

### Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor

mit wählbarer Proportionalität zwischen Eingangs- und elektrisch auswertbarer Ausgangsgröße.

#### Schutzansprüche

1. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor mit wählbarer, insbesondere aber linearer Proportionalität zwischen dem zu bestimmenden Beschleunigungswert bzw. Neigungswinkel und einer elektrisch auswertbaren Ausgangsgröße, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Gehäuse eine bewegliche Masse nach Maßgabe der auf sie einwirkenden Beschleunigungskräfte eine definierte Position einnimmt und eine der eingenommenen Position entsprechende, wertdiskrete oder wertkontinuierliche Ausgangsgröße mittels der weiter unten beschriebenen Abtastverfahren hervorruft.
2. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Masse als Stab ausgebildet ist, der in seinem oberen Teil an einer Achse beweglich gelagert ist, so daß der Stab um die Achse eine Auslenkung gemäß der auf ihn einwirkenden Beschleunigungskräfte erfährt und diese Auslenkung mittels der weiter unten angegebenen Abtastverfahren eine proportionale elektrische Ausgangsgröße hervorruft.
3. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Gehäuse in Form einer geraden, beidseitig geschlossenen Röhre mit kreisförmigen oder rechteckigem oder anderem Querschnitt eine Masse in Form einer Kugel oder eines Quaders oder eines Zylinders zwischen zwei Schraubenfedern mit beliebiger, vorzugsweise jedoch linearer Federcharakteristik beweglich gelagert ist und nach Maßgabe der auf die Masse einwirkenden Beschleunigungskräfte einerseits und der Rückstellkraft der Schrauben-

Helmut Kappner

Blatt 2

3103354

Weissgornweg 5  
6720 Speyer

3103354

- 2 -

13. Januar 1981

federn andererseits die Masse längs der Röhre eine definierte Position einnimmt, die nach den weiter unten niedergelegten Umsetzprinzipien eine der Beschleunigung proportionale, elektrisch auswertbare Ausgangsgröße hervorruft.

4. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse aus einem gekrümmten, beiderseits geschlossenen Rohr besteht mit kreisförmigem oder rechteckförmigem oder anderem Querschnitt, mit einem Krümmungsverlauf, wie er der gewünschten Proportionalität zwischen Eingangs- und elektrischer Ausgangsgröße entspricht und eine bewegliche Masse in Form z.B. einer Kugel oder Perle oder eines Zylinders, dessen Drehachse im Rohr so angeordnet ist, daß er sich rollend längs des Rohres bewegen kann.
5. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß längs der in Ansprüchen 3 und 4 bezeichneten röhrenförmigen Gehäuse bzw. bei Anspruch 2 längs einer gedachten Kurve, die zu der in Anspruch 2 genannten Achse einen definierten Verlauf besitzt, eine Reihe von einzelnen Abtastelementen der weiter unten bezeichneten Art äquidistant oder mit ungleichen Abständen, die einer definierten Funktion entsprechen, angeordnet sind, die die Position der Masse detektieren.
6. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das in den Ansprüchen 3 und 4 genannte Gehäuse aus einem dielektrischen Material geringer Dielektrizitätszahl, die bewegliche Masse aus einem Material hoher Dielektrizitätszahl und die Abtastelemente als metallische Plattenpaare ausgeführt sind, die jeweils einen Plattenkondensator bilden, wobei die Platten bei Ansprüchen 3 und 4 vorzugsweise direkt auf dem Gehäuse angebracht sind und das Gehäuse ganz umschließen.

7. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das in den Ansprüchen 3 und 4 genannte Gehäuse aus licht- oder infrarotstrahlungsdurchlässigem Material, die bewegliche Masse aus licht- oder infrarotundurchlässigem Material besteht und die Abtastelemente als Licht- oder Infrarotstrahlungsschranken ausgeführt sind.
8. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das in den Ansprüchen 3 und 4 genannte Gehäuse aus nichtmagnetischem und niedrigpermeablem, die bewegliche Masse aus magnetischem Material besteht und die Abtastelemente als Hallgeneratoren, Feldplatten oder anderen Magnetfeldsensoren ausgeführt sind.
9. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das in den Ansprüchen 3 und 4 genannte Gehäuse aus nichtmagnetischem und niedrigpermeablem Material, die bewegliche Masse aus hochpermeablem Material besteht und die Abtastelemente als Induktionsschleifen ausgeführt sind.
10. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die bewegliche Masse als ebene Kreisscheibe oder Kreissektorscheibe nach Fig. 1 mit einem am definierten Nullpunkt des Kreisumfangs wahlweise angebrachten Gewicht ausgeführt ist, die im gedachten Kreismittelpunkt drehbar aufgehängt ist und auf der mehrere kreisförmige oder kreissegmentförmige Spuren parallel zu dem gedachten Kreisumfang der Scheibe angebracht sind, welche die Winkellageinformation des Nullpunkts relativ zur Vertikalen dual- oder BCD-codiert oder in einem anderen Code in Form von Balkenrastern enthalten und die nach den in den Ansprüchen 6 bis 9 dargelegten Abtastprinzipien mit Abtastelementen abgetastet werden, die in einer gedachten vertikalen Linie durch den Drehpunkt der Scheibe übereinander so angeordnet sind, daß jeweils ein Abtastelement eine Spur abtastet oder die Abtastelemente wie in Fig. 1 dargestellt in V-Form doppelt angeordnet sind.

Helmut Kappner

3103354  
Weissdornweg 5  
6720 Speyer

Blatt 4

- 4 - 13. Januar 1981

11. Beschleunigungssensor nach Anspruch 1 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß die in Anspruch 3 genannte Masse als länglicher Zylinder oder Quader ausgeführt ist und auf ihr in Bewegungsrichtung verlaufende, gerade parallele Spuren analog Anspruch 10 aufgebracht sind, und die wie in Anspruch 10 angegeben abgetastet werden, vorzugsweise jedoch die Spuren aus aufeinanderfolgenden Durchbohrungen der Masse oder einem z.B. schwarz-weißen Balkenraster auf der Masse bestehen, die mittels Lichtschranken abgetastet werden.
12. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Röhre 1 aus elektrisch nicht leitfähigem Material besteht und im Inneren der Röhre in Längsrichtung eine oder mehrere Schleifen 2 aus blankem Widerstandsdraht oder anderen elektrisch widerstandsbehaftetem Material direkt an der Röhrenwand befestigt sind (Fig. 2) oder nur am vorderen oder hinteren Ende der Röhre so befestigt sind, daß sie ohne Wandberührung frei im Inneren der Röhre gehalten werden (Fig. 3) oder in Form einer Schleifenwendel 3 an den Innenseiten der Röhre angebracht sind (Fig. 4), und in allen drei bezeichneten Variationen die freien Enden der Schleifen 4 unter Gewährleistung eines hermetischen Abschlusses des Gehäuses an einem oder beiden Enden herausgeführt werden.
13. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kombination aus einem Widerstandsdraht 5 und einem leitfähigen Draht 6 verwendet wird, wobei die Drähte wie in Anspruch 12 beschrieben verlegt sein können, vorzugsweise jedoch der Widerstandsdraht als Wendel ausgeführt ist und der leitfähige Draht axial in der Röhre angebracht ist (Fig. 5).

14. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß an den Innervänden der Röhre mehrere Ringe aus feinem leitfähigem Draht 7 radial in definiertem Abstand zueinander angebracht sind (Fig. 5) und jeder Ring mit einem Anschlußdraht 8 durch das Gehäuse elektrisch nach außen geführt wird oder daß die bezeichneten Ringe durch Stiftreihen nach Fig. 6 ersetzt sind, wobei z.B. vier Stiftreihen gleichmäßig über den Umfang der Röhre verteilt sind und die elektrisch leitfähigen Stifte so durch das Gehäuse geführt sind, daß sie geringfügig in das Gehäuse hineinragen und in beiden Variationen (nach Fig. 5 und 6) wahlweise ein axialer leitfähiger Draht gemäß Anspruch 12 und 13 eingebaut sein kann.
15. Neigungswinkel- und Beschleunigungssensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse aus einem radialsymmetrischen, in zwei Dimensionen gekrümmten Behälter 9 aus elektrisch nicht leitfähigem Material besteht z.B. in Form einer Kugelkalotte oder einer Halbkugelkalotte (Fig. 7) eines Hyperboloids oder Paraboloids, an dessen Innenfläche konzentrische Ringe 10 aus leitfähigem Draht angebracht sind, die durch das Gehäuse nach außen geführte Anschlußdrähte 11 besitzen, und die Ringe auch in einzelne winkelgleiche Sektoren aufgeteilt sein können, die getrennt nach außen geführt werden.
16. Neigungswinkel- und Beschleunigungssensor nach Ansprüchen 1, 4, 12, 13, 14 und 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine im Innern des Gehäuses befindliche Kugel oder Perle aus leitfähiger Flüssigkeit, vorzugsweise aus Quecksilber, besteht und nach Maßgabe der auf sie einwirkenden Beschleunigungskräfte (Erdbeschleunigung und/oder Systembeschleunigung) im Innern des Gehäuses eine definierte Position einnimmt und in dieser Position zwei oder mehr der in den Ansprüchen 12, 13, 14 und 15 bezeichneten Drähte bzw. Stifte elektrisch kurzschließt und dadurch die seiner Augenblicksposition entsprechende, auf sie einwirkende Beschleunigung entweder in wertkontinuierlicher Charakteristik ausweist, indem sie die elektrisch wirksamen Länge der Widerstandsdrähte

Helmut Kappner

3103354

3103354

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

Blatt 6

-6- 13. Januar 1981

nach Anspruch 12 und 13 und damit ihren elektrischen Widerstand kontinuierlich verändert, oder in wertdiskreter Charakteristik, in dem sie zwei oder mehr der in Anspruch 14 und 15 bezeichneten leitfähigen Drähte oder Stifte kurzschließt.

17. Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor nach Ansprüchen 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15 und 16, dadurch gekennzeichnet, daß in der Röhre bzw. im Gehäuse eine viskose Flüssigkeit befindlich ist, in der sich die bewegliche Masse bewegt und die eine ihrer Viskosität proportionale Dämpfung der Kugelbewegung bewirkt oder eine Flüssigkeit, die die Haftreibung und gleitende Reibung der in Anspruch 3 bezeichneten Masse reduzieren soll.



## B e s c h r e i b u n g

### Beschleunigungs- und Neigungswinkelsensor

Die Erfindung betrifft einen Horizontalbeschleunigungs- und Neigungswinkelsensor der im Oberbegriff des Anspruchs 1 definierten Art, der besonders zur Verwendung in Fahrzeugen geeignet ist.

#### 1. Beschleunigungssensor

Es sind Beschleunigungssensoren bekannt, die lediglich einen Beschleunigungswert in einer oder mehreren Richtungen registrieren können und wie z.B. die bekannten Quecksilberschalter als Endanschlagschalter funktionieren.

Der erfindungsgemäße Sensor kann demgegenüber in allen seinen Varianten pro Richtung mehrere Beschleunigungswerte in diskreter oder kontinuierlicher Charakteristik detektieren.

Bei den proportional arbeitenden Beschleunigungssensoren sind Ausführungen bekannt, die entweder auf dem Feder-Masse-Prinzip oder dem Pendelprinzip beruhen. Es sind Feder-Masse-Systeme mit nur geringfügiger Auslenkung der Masse bekannt, die z.B. mit piezoelektrischen Drucksensoren oder mit Dehnungsmeßstreifen als Aufnehmer ausgestattet sind. Diese Aufnehmer erfordern eine komplizierte und störanfällige Auswertelektronik (z.B. Ladungsverstärker bei Piezo-Aufnehmern und zusätzliche Speicherelektronik). Bei Masse-Feder-Systemen mit signifikanter Masse-Auslenkung kann man zwar prinzipiell eine lineare Auslenkung der Masse im Verhältnis zur Beschleunigung erreichen, es besteht jedoch die Schwierigkeit, die Abtastung der Masseposition ohne zusätzliche mechanische Reibung, wie sie z.B. durch mechanische Kontakte entsteht zu gewährleisten und die Systemreibung generell gering zu halten.

Eine Lösung dieses Problems ist für eine digitale Abtastung in den Ansprüchen 1,3,5,6,7,8,9,10, 11 und 16 angegeben.

Helmut Kappner

310101

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

3103354

Blatt 2

13. Januar 1981

- 8 -

Pendelsysteme leiden darunter, daß die Meßwertaufnehmer, wenn sie analog arbeiten sollen und keine zusätzliche Systemreibung bewirken sollen, recht aufwendig sind. So ist z.B. ein analoges System dergestalt realisierbar, daß ein als Pendel um eine Achse bewegliches Metallblättchen sich nach Maßgabe der auf es einwirkenden Beschleunigungskraft um die Pendelachse relativ zu einem anderen Metallplättchen in eine definierte Position dreht und der dieser Position entsprechende Kapazitätswert des aus den beiden Metallplättchen gebildeten Kondensators als Meßwert dient, oder ein als Pendel ausgeführtes Plättchen mit hoher Dielektrizitätszahl in einen Plattenkondensator nach Maßgabe der Beschleunigungskraft eintaucht oder umgekehrt der Plattenkondensator als Pendel ein feststehendes Dielektrikum umschließt.

Eine andere Variante besteht in der Anwendung der in der Betriebsmeßtechnik bekannten Tauchanker- oder Querankeraufnehmer auf das Pendel, indem z.B. ein als Pendel aufgehängtes magnetisches Eisenstück nach Maßgabe der auf es einwirkenden Horizontalbeschleunigungskraft in eine Spulenordnung eintaucht und deren Induktivitätswert verändert.

Für die Auswertung ergeben sich dann jedoch bei allen genannten Varianten die bekannten Nichtlinearitäten bei der Umsetzung in eine beschleunigungsproportionale Anzeige, die eine aufwendige Linearisierungsschaltung erforderlich machen. Dazu kommt eine prinzipielle Nichtlinearität, die sich aus der Verwendung des Pendels als Horizontalbeschleunigungsmesser ergibt, indem der Pendelausschlagswinkel bzw. die Bogenlänge des Pendelausschlags einer Arkustangensfunktion folgt, wie weiter unten erläutert ist.

Die genannten Nichtlinearitäten können bei digitaler Abtastung nach Ansprüchen 6, 7, 8 und 9 in Verbindung mit der weiter unten beschriebenen Anordnung vermieden werden. Bei einer Abtastung gemäß Anspruch 10 ist ebenfalls innerhalb gewisser Grenzen eine Linearisierung durch Dehnung des Balkenrasters möglich.

Helmut Kappner

31.01.81

3103354

Waissdornweg 5  
6720 Speyer

Blatt 3

- 9 -

13. Januar 1981

Es bleiben jedoch auch dann noch weitere Nachteile bestehen, wie z.B. die Erfordernis einer sorgfältigen Lagerung der Pendelachse, wenn auf lange Lebensdauer und Robustheit Wert gelegt wird, und die Schwierigkeit, eine wirksame mechanische Dämpfung zu verwirklichen.

Diese Nachteile können durch die in Ansprüchen 1 und 4 niedergelegte Anordnung vermieden werden.

Besonders die mit den Ansprüchen 1 und 4 definierten Varianten bieten die signifikanten Vorteile des erfindungsgemäßen Sensors:

- Linearität zwischen einwirkender Beschleunigung und dem Ausgangssignal sowie beliebige Abhängigkeitsfunktionen erzielbar
- Entweder analog-proportionale oder digital-proportionale Charakteristik zu verwirklichen
- Für erschütterungsbehafteten Betrieb z.B. in Fahrzeugen geeignet
- Lebensdauer praktisch unbegrenzt
- Der Sensor ist absolut wartungsfrei
- Mittels einer wahlweise im Gehäuse befindlichen Dämpfungsflüssigkeit kann die Dämpfung je nach Viskosität beliebig eingestellt werden
- Die Herstellung ist äußerst kostengünstig

Die erfindungsgemäßen Vorzüge gestatten endlich die Massenfabrication preisgünstiger, robuster Beschleunigungsmesser für Fahrzeuge.

## 1.2 Prinzip der erfindungsgemäßen Beschleunigungssensoren

Im folgenden soll das physikalische Prinzip des erfindungsgemäßen Sensors nach Ansprüchen 1 bis 17, exkl. 3 und 11, erläutert werden, wobei davon ausgegangen wird, daß die Variante nach Anspruch 3 und 11 keiner speziellen Erläuterung bedarf.

Der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor nach Ansprüchen 1 bis 17 exkl. 3 und 11, stellt eine Modifikation des physischen Pendels als Horizontalbeschleunigungsmesser dar. Die Funktionsweise soll anhand der Fig. 8 verdeutlicht werden. Auf die mittels z.B. eines Stabs 5 oder eines Seils oder eines ähnlichen Führungsmediums der Länge  $r$  an den Drehpunkt D gefesselte Masse  $m$  wirken die Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  in vertikaler Richtung und die zu messende Horizontalbeschleunigung  $a$  in horizontaler Richtung. Es stellt sich ein Auslenkwinkel  $\alpha$  des Pendels zur Vertikalen  $V$  ein, die der Beziehung  $\alpha = \arctan \frac{a}{g}$  gehorcht. Die gleiche Beziehung gilt - unter Einbeziehung eines konstanten Faktors - für die Länge  $b$  des Kreisbogens, der von  $\alpha$  eingeschlossen wird.

Die Nichtlinearität wird vor allem für Horizontalbeschleunigungen  $a > g$  kritisch. Mit zunehmendem Beschleunigungswert  $a$  wird die differentielle Auslenkung der Masse immer geringer und die für die Meßwertbildung verfügbare Weglänge  $b$  zunehmend komprimiert. Wird der Neigungswinkel  $\alpha$  des Pendels als Ausgangswert zur Bestimmung der Horizontalbeschleunigung verwendet, dann sind zur Linearisierung zusätzliche Maßnahmen erforderlich:

- Bei analoger Abtastung muß entweder der Meßwertumsetzer eine inverse, nichtlineare Charakteristik vorzugsweise der Funktion  $y = \tan x$  aufweisen oder der analoge Meßwert in einer Rechenschaltung linearisiert werden.

- Bei digitaler Abtastung (z.B. mittels einer Reihe von Lichtschranken entlang der Kreisbahn, die die Masse  $m$  beschreibt) bietet sich eine kontinuierliche Verringerung der Abstände  $d$  der einzelnen Meßpunkte entlang der Kreisbahn der Masse, z.B. gemäß der Funktion  $d = k \cdot \tan \alpha$  ( $k$  = konstanter Faktor) an. Dann muß aber für jedes Abtastelement an seinem Ausgang ein Zwischenspeicher vorgesehen werden.

In beiden genannten Fällen ist trotz Linearisierung die Genauigkeit bei höheren Beschleunigungswerten  $a > g$  denkbar gering.

Einen Ausweg bietet die Lösung nach Fig. 9, die Meßpunkte  $P$  entlang einer horizontalen Geraden  $g$  zu setzen und z.B. bei optischer Abtastung durch Lichtschranken das Führungsmedium als breiten Stab  $S$  auszubilden, der z.B. stets mindestens zwei der Lichtschranken zum Ansprechen bringt, die mit gleichen Abständen längs der Geraden  $g$  angebracht sind.

Wegen der nun linearen Abhängigkeit zwischen  $a$  und  $l$  ergibt sich dann eine Linearität des durch die Abtastelemente angezeigten digitalen Ausgangswertes. Ersetzt man die Gerade  $g$  durch eine gekrümmte Kurve, so sind auch andere Funktionen zwischen Eingangs- und Ausgangsgröße erzielbar.

Signifikante Vorteile gegenüber den bisher beschriebenen Varianten zeigt die erfindungsgemäße Variante nach Ansprüchen 1 und 4.

Die Masse  $m$  wird bei dieser Variante nicht mittels eines Führungsmediums an einen Drehpunkt gefesselt, sondern läuft - als Kugel oder Perle oder Zylinder ausgebildet - in einer beiderseits geschlossenen Röhre, die in einer Dimension gekrümmt ist.

Die Art der Krümmung der Röhre bestimmt das Verhältnis von einwirkender Horizontalbeschleunigungskraft und der ihr entsprechenden Position der beweglichen Masse.

3103354

3103354

Helmut Kappner

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

- 12 -

13. Januar 1981

Blatt 6

Je nach gewähltem Krümmungsverlauf der Röhre sind nun beliebige Abhängigkeitsfunktionen zwischen der Beschleunigung  $a$  und der Auslenkung  $b$  der Masse aus ihrer Ruhelage erzielbar.

Will man exakte Linearität zwischen dem Bogenstück der Länge  $b$ , an dessen Endpunkt die Masse bei einer bestimmten anhaltenden Horizontalbeschleunigung zu stehen kommt, und dem Wert der Horizontalbeschleunigung erhalten, so gilt für den Verlauf der Röhrenkurve die Forderung:

$$\frac{dh}{dx} = k \sqrt{1 + \frac{dh^2}{dx^2}}$$

( $dh$ : differentieller Kurvenanstieg in vertikaler Richtung

$dx$ : differentieller Kurvenanstieg in horizontaler Richtung

$k$ : Proportionalitätsfaktor,  $[k] = m$ ),

d.h. die Steigung der Röhrenkurve muß in jedem Punkt proportional der bis zu diesem Punkt gemessenen Bogenlänge sein.

Die Lösung der Gleichung führt zu der als "Kettenlinie" bekannten Funktion:

$$h = k \cdot \cosh \frac{x}{k} - k \quad (\text{Scheitel im Nullpunkt})$$

In Fig. 10 sind zum Vergleich die Kurven für einen kreisförmigen Röhrenverlauf 11 (Radius  $r$ ) und einem Verlauf gemäß der Kettenlinie 12 abgebildet. Für die Beschleunigungswerte  $a = 1,2$  und  $3$  sind die entsprechenden Kurvenpunkte, die eine frei in einer Röhre des entsprechenden Verlaufs bewegliche Masse einnimmt, eingezeichnet.

## 2. Neigungswinkelsensor

### 2.1 Stand der Technik

Es sind Neigungswinkelsensoren bekannt, die als Sensorelement eine Libelle enthalten, die als Endanschlagsschalter funktioniert, indem z.B. eine Quecksilberperle, die sich im Innern der Libelle bewegt, zwei elektrisch leitfähige Stifte an einem Ende der Libelle kurzschließt, wenn die Libelle nicht exakt waagrecht steht.

Diese Art von Sensoren können jeweils nur einen definierten Neigungswinkel anzeigen und müssen für jeden anzuzeigenden Neigungswert in einem Gehäuse gedreht werden. Der erfindungsgemäße Sensor ist dagegen dadurch gekennzeichnet, daß er für jeden Neigungswinkel des Gerätes, in das er eingebaut ist, eine wertdiskrete oder wertkontinuierliche Ausgangsgröße erzeugt, die dem Neigungswinkel proportional ist.

Es sind ferner Neigungswinkelsensoren bekannt, bei denen in einer U-förmig gebogenen Röhre eine leitfähige Flüssigkeit je nach Neigung der Röhre an den Schenkeln der Flüssigkeitsstand steigt oder fällt und je nach Flüssigkeitsstand eine definierte Zahl von Kontakten an den Schenkeln der Röhre kurzgeschlossen werden.

Diese Geräte haben den Nachteil, daß der Messumfang (Größe des detektorbaren Winkels) äußerst gering ist, daß die U-förmige Röhre oben offen sein muß, um einem Druckausgleich zu erhalten und daß sich das Ausgangssignal stark nichtlinear zur Meßgröße verhält.

Die erfindungsgemäßen Varianten des Neigungswinkelsensors besitzen demgegenüber den Vorteil, daß der Meßumfang bei Neigungsmessung in einer Ebene bis 360° betragen kann oder bei der Variante nach Anspruch 15 sogar zusätzlich die Neigungsrichtung detektiert werden kann. Ferner kann die interessierende Winkellage wahlweise digital oder analog - je nach der gewählten Variante des erfindungsgemäßen Sensors - ausgegeben werden.

Die Abhängigkeit zwischen Ausgangsgröße und Neigungswinkel kann einer beliebigen Funktion folgen. Vorzugsweise wird man jedoch eine lineare Abhängigkeit einstellen.

## 2.2 Prinzip der erfindungsgemäßen Neigungswinkel-Sensoren

Die erfindungsgemäßen Neigungswinkel-Sensoren beruhen auf dem Prinzip, daß die in den Ansprüchen genannte bewegliche Masse durch Einwirken der Erdbeschleunigung sich stets auf die in vertikaler Richtung tiefstmögliche Position einstellt, während das Gehäuse des Sensors bzw. die Abtastelemente fest an dem Gegenstand, dessen Neigung zur Horizontalen oder Vertikalen gemessen werden soll, angebracht sind und sich mit diesen neigen. Das Gehäuse nach Anspruch 4 wird dazu vorzugsweise kreisförmig oder als Kreisbogen, das Gehäuse nach Anspruch 14 als Halbkugelkalotte oder Kugelkalotte ausgeführt, um eine lineare Charakteristik bei äquidistanter Abtastung zu erhalten.

## 3. Meßwertbildung

Bei der Abtastung gemäß Ansprüchen 12 und 13 wird die Perle z.B. aus flüssigem Metall je nach ihrer Lage auf dem Widerstandsdraht ein definiertes Stück des Widerstandsdrahtes kurzschließen und damit einen lageproportionalen Innenwiderstand des Sensors erzeugen.

Die Auswertung kann mit einer üblichen Operationsverstärkerschaltung nach Fig. 11 erfolgen, wobei der variable Schleifwiderstand  $R_S$  im Rückkopplungsweig liegt. Die Ausgangsspannung  $U_A$  des Operationsverstärkers ist dann mit der Funktion

$$U_A = \frac{R_S}{R_E} \cdot U_{Ref} \quad \text{gegeben}$$

und kann entweder direkt analog (z.B. über ein Drehspulwerk) oder mittels z.B. eines preiswerten Ramp-Staircase-Analog-Digital-Umsetzers, der zusätzlich als Peak Detektor wirken kann) in einen digitalen Wert übertragen werden und digital wie weiter unten angegeben angezeigt werden.



3103354

3103354

Helmut Kappner

Weissdornweg 5  
6720 Speyer.

Blatt 9

- 15 -

13. Januar 1981

Bei der Variante nach Anspruch 12 kann ähnlich verfahren werden, es ist aber auch eine Auswertung ohne Verstärkung möglich (Fig. 12).

Die bewegliche Quecksilberperle greift in jeder Position einen bestimmten Teil der Referenzspannung  $U_{\text{Ref}}$  ab, die an dem Widerstandsdraht  $R_W$  angelegt ist und gibt ihn über den leitfähigen Draht und den Eingangswiderstand  $R_E$  direkt oder über einen Umformer an eine Anzeigeeinheit weiter.

$R_E$  sollte möglichst hochohmig sein, um eine lineare Ausgangskennlinie zu erhalten.

Bei den Varianten nach Ansprüchen 5,6,7,8,9,14 und 15 werden die diskreten Abtastelemente (Drahtringe, Lichtschranken usw.) z.B. in solchem Abstand voneinander angebracht bzw. die bewegliche Masse so dimensioniert, daß sie stets zwei Abtastelemente ansprechen läßt. Die Ausgänge der diskreten Abtastelemente werden dann über eine einfache Prioritätsschaltung geführt, die den höheren Wert auswählt, so daß stets ein Wert angezeigt wird.

Können die Abtastelemente nicht äquidistant angebracht werden (z.B. wenn eine nichtlineare Funktion vorliegt oder angestrebt wird) oder ist eine Skalierung mit nur wenigen Abtastelementen erwünscht, so kann die Masse so dimensioniert werden, daß sie nur jeweils ein Abtastelement zum Ansprechen bringt. Dann ist allerdings ein elektronischer Zwischenspeicher erforderlich.

Die Anzeige des Wertes kann direkt z.B. mittels einer LED oder LCD-Kette oder über eine Codierschaltung durch ein LED- oder LCD-Display mit Dezimalziffern oder Symbolen erfolgen.

Helmut Kappner

Blatt 10

310131

3103354

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

16- 13. Januar 1981

#### 4. Systemdämpfungsmaßnahmen

Neben der in Anspruch 16 beschriebenen mechanischen Systemdämpfung sind auch elektronische Dämpfungsmaßnahmen anwendbar.

Das empfiehlt sich u.a. für den Einsatz der Sensoren in Kraftfahrzeugen, wo sie Fahrwerkstößen infolge von Fahrbahnunebenheiten ausgesetzt sind.

Für die analoge Meßwertbildung ist dies mit einem Tiefpaß z.B. am Eingang des Meßverstärkers zu realisieren.

Für die digitale Abtastung empfiehlt sich eine Schaltung, wie sie ausschnittsweise für drei Abtastelemente in Fig. 13 dargestellt ist. Wird beim Einschalten z.B. das mittlere Abtastelement A von der beweglichen Masse angesprochen, dann startet die Abtastschaltung AS ein Monoflop M und setzt zugleich das zugehörige Latch L. Bewegt sich die bewegliche Masse z.B. infolge von Erschütterungen innerhalb der Blockzeit des Monoflop zum nächsten Abtastelement und läßt es ansprechen, dann wird dessen Signal nicht vom dazugehörigen Latch übernommen. Eine langsame Bewegung der Masse wird dagegen registriert, das zugehörige Latch gesetzt und die anderen Latches rückgesetzt. Die Anzeige übernimmt dann den neuen Wert.

(Latch-Steuerung und Anzeigesteuerung sind der Übersichtlichkeit halber nicht eingezeichnet)

Mit der beschriebenen Schaltung lassen sich auch Schwingungen der beweglichen Masse, die von Fahrbahnstößen hervorgerufen werden elektronisch ausblenden, wenn die Haltezeit der Monoflops auf die Eigenfrequenz der beweglichen Masse abgestimmt wird.

5. Anwendungen

Die im folgenden genannten Anwendungsbeispiele sind Bestandteil der Ansprüche.

5.1 Beschleunigungs-Sensor

Im folgenden werden fünf Beispiele für den Einsatz des erfindungsgemäßen Beschleunigungs-Sensors beschrieben.

5.1.1 Quer- und Längsbeschleunigungs-Meßgerät für allgemeine Fahrzeuganwendungen, insbesondere aber für gummibereitete Kraftfahrzeuge

Das Gerät soll simultan die Querschleunigung bei Kurvenfahrt sowie die Längsbeschleunigung (Bremsbeschleunigung sowie Antriebsbeschleunigung) anzeigen.

Hierzu sind in einer einfachsten Anordnung z.B. eine Sensor-Röhre nach Anspruch 4 in Fahrtrichtung, eine andere quer zur Fahrtrichtung in einem Gerät untergebracht.

Ein Sensor zeigt die Querschleunigung, ein anderer die Längsbeschleunigung (Bremsen und Antrieb) an. Die Anzeige kann wie bereits beschrieben erfolgen.

Nach Untersuchungen werden bei gummibereiteten Kfz auf trockener Fahrbahn max. Brems- und Querschleunigungen von 7 ... 10 m/s<sup>2</sup> erreicht. Die Neigungswinkel des Fahrzeugaufbaus erreichen bei diesem Maximalwert dabei Werte um 10° (mit Ausnahme einiger spezieller französischer Pkw). Es empfiehlt sich daher, die Röhrenkurve als idealen Kreisbogen auszubilden, da der auftretende Linearitätsfehler gerade die durchschnittliche Aufbauneigung kompensiert. Der Kreisbogen-Segmentwinkel muß bei  $a \approx g$ , wie hier vorliegend, etwa 90° betragen.

Helmut Kappner

- 18. Weissdornweg 5  
6720 Speyer

13. Januar 1981

Blatt 12

### 5.1.2 Bremsbeschleunigungsmesser und Fahrbahnzustandsmelder

Das Gerät soll die erreichbare Bremsbeschleunigung insbesondere bei gummibereiteten Kfz detektieren und damit eine Beurteilung der Bremsanlage, insbesondere aber des Fahrbahnzustandes ermöglichen.

Hierzu muß der Fahrer die Betriebsbremse ganz kurz bis zum Blockierpunkt betätigen, wie es erfahrene Fahrer praktizieren, um den Fahrbahnzustand zu testen.

Der während des kurzzeitigen Bremsens erreichte max. Beschleunigungswert wird durch das Gerät detektiert und z.B. in digitaler Weise mittels einer LED- oder LCD-Kette oder mittels Ziffernanzeige angezeigt. Bei Unterschreiten eines kritischen Grenzwertes kann auch eine akustische Warnvorrichtung (z.B. ein Summer) zum Ansprechen gebracht werden. Hierzu muß allerdings der Meßvorgang mit einem Tastendruck initiiert werden.

Als Detektor wird z.B. ein Sensor nach Anspruch 4 verwendet. Die Röhre muß hier nur einen 45° Kreissegmentwinkel umfassen (Fig. 14). Vorteilhafterweise wird in das untere Röhrenende ein elastisch verformbares Plättchen P als dämpfendes Pufferelement eingesetzt, um ein starkes Rückprallen der Masse vom unteren Röhrenende zu vermeiden. Zur Auswertung des Signals wird vorteilhafterweise eine elektronische Speicherschaltung verwendet, die z.B. den während eines Zeitintervalls von 2 Sekunden auftretenden Maximalwert speichert und anschließend für 2 Sek. anzeigt, während die Abtastung z.B. mit einer Frequenz von 1 kHz vor sich geht. Die dazu erforderliche elektronische Schaltung ist wenig aufwendig und preisgünstig aufzubauen.

Im folgenden sind vom Verfasser gemessene Erfahrungswerte für Bremsbeschleunigungswerte für Pkw bei verschiedenen Fahrbahnzuständen wiedergegeben:

Helmut Kappner

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

Blatt 13

- 43 - 13. Januar 1981

Werte in  $\text{m/s}^2$ 

Glatteis	1,0 bis 1,5
Schnee	1,5 bis 2,5
Kopfsteinpflaster naß	4,0 bis 5,5
Kopfsteinpflaster trocken	5,5 bis 6,5
Asphalt oder Beton naß	5,0 bis 6,5
Asphalt oder Beton trocken	6,5 bis 7,5

Alle Werte mit Sommergürtelreifen, Profiltiefe ca. 5 mm.

Die Anzeige kann auch so konzipiert sein, daß die verschiedenen Fahrbahnzustände z.B. mit verschiedenfarbigen LEDs oder auch in Symbolen angezeigt werden.

### 5.1.3. Fahrt Daten-Recorder zur Unfallrekonstruktion

Ein häufig geäußerter Wunsch der Unfallforschung und Verkehrsrechtssprechung ist die Einführung von Geräten zum Einbau in Kfz, die eine Rekonstruktion des Unfallhergangs ermöglichen.

Die Einführung scheiterte bisher, was die technisch-merkantile Seite des Projekts betrifft, an den Preisen für digitale Speicher, die aus Gründen der Robustheit und Langlebigkeit monolithische Halbleiter-Festspeicher sein müssen, vor allem aber wegen des Fehlens preiswerter, langlebiger und wartungsfreier Beschleunigungssensoren. Der erfindungsgemäße Sensor füllt diese Lücke aus. Der Preissturz bei Halbleiterspeichern löst auch das Kostenproblem bei der Speicherung.

Helmut Kappner

Blatt 14

3103354  
Weissdornweg 5  
6720 Speyer  
-20-  
13. Januar 1981

Bei dem erfindungsgemäßen Fahrtdaten-Recorder kann neben den aus dem Tachometergenerator abgeleiteten Geschwindigkeitswert die in Anwendung 5.1 bezeichneten Beschleunigungswerte gespeichert werden. Die Bremsbeschleunigungswerte während oder vor einem Unfallhergang sind besonders beim Blockieren der Räder von Bedeutung, da dann keine Geschwindigkeitsdaten mehr zur Verfügung stehen. Die Querschleunigungswerte zeigen z.B. Lenkbewegungen des Fahrers während der Fahrt an oder Aufprallvorgänge quer zur Fahrtrichtung. Die Sensoren können auch unterschiedliche Endwerte für die Längs- und Querrichtung und eine nichtlineare Charakteristik besitzen. Die Konzeption des Gerätes geht davon aus, daß z.B. mit dem Einschalten der Kfz-Zündanlage ein Halbleiterspeicher ständig mit den bezeichneten digitalen Fahrtdaten geladen wird. Die neu eingelesenen Werte schieben ständig die zeitlich am weitesten entfernten (ältesten) Daten aus dem Speicher. Der zeitliche Speicherumfang kann z.B. 10 sec betragen.

Signalisiert ein Beschleunigungssensor das Überschreiten einer Grenzbeschleunigung durch einen Aufprall (bei z.B. 3 g), dann wird entweder der Speichervorgang sofort unterbrochen (sog. Pre-Triggering) und es stehen dann die Beschleunigungswerte z.B. der letzten 10 sec im Speicher.

Oder es wird Pre-Triggering mit (z.B. 5 sec) Verzögerung vorgenommen. Dann stehen die Werte sowohl für eine gewissen Zeit (z.B. 5 sec) vor als auch nach dem Aufprall im Speicher.

Letztere Variante empfiehlt sich, um komplexere Unfallhergänge mit mehreren Aufprallern usw. aufzuzeichnen.

5.1.4. Triggerelement für Kfz-Insassen-Sicherungsrichtungen

Der erfindungsgemäße Sensor kann auch als Auslöseelement für diverse Sicherungsmechanismen im Kfz, wie Sicherheitsgurte, Prallsack oder Warnblinker eingesetzt werden, deren Auslösung von einem bestimmten Beschleunigungsgrenzwert abhängig sein soll. Er besitzt gegenüber den bekannten Einpunkt-Auslöseelementen den Vorteil, daß der Auslösepunkt variabel und leicht einstellbar sein kann. Die sonstigen Vorteile wie Robustheit und lange Lebensdauer wurden schon erwähnt.

5.1.5. Diebstahlwarnanlage für Kfz

Der erfindungsgemäße Sensor bietet sich auch als auslösendes Detektorelement für eine Diebstahlwarnanlage an. Er spricht bei eingeschalteter Anlage dann an, wenn ein wählbarer Beschleunigungswert z.B. beim Anfahren in Fahrtrichtung oder quer zur Fahrtrichtung überschritten wird.

Das Gerät kann auch als Kombination mit der Anwendung 5.1.1 ausgeführt sein.

5.2. Neigungswinkelsensor

Die Anwendung des erfindungsgemäßen Neigungswinkelsensors in Neigungswinkelmessern kann überall dort erfolgen, wo bisher andere Verfahren zur Neigungswinkelmessung mittels mechanisch-elektrischer Umsetzung verwendet wurden, die die erfindungsgemäßen Vorteile nicht besitzen, besonders aber als Maßwertgeber für elektronische Regelungen, die die Neigung eines Gegenstandes zur Vertikalen bzw. Horizontalen als Regelgröße beinhalten.

Im folgenden werden zwei Einsatzbeispiele für den erfindungsgemäßen Neigungswinkelsensor beschrieben:

5.2.1. Miniatur-Spielzeugfahr- oder Motorrad mit einer Puppe  
als Fahrer und naturgetreuer Balancierung

Es sind zweirädrige Miniatur-Spielzeugfahräder bekannt, die mit einer Puppe als Fahrer versehen sind und die verschiedene passive mechanische Stabilisierungselemente besitzen, die das manuell angeschobene Fahrrad für eine gewisse Zeit in aufrechter Position halten sollen.

Das erfindungsgemäße Spielgerät ahmt dagegen die Balancierung nach, die ein Mensch als Radfahrer reflexartig ausführt, indem er z.B. bei Geradeausfahrt geringfügige Neigungen zur Horizontalen durch Lenkbewegungen ausgleicht.

Die Hauptbestandteile des erfindungsgemäßen Spielgeräts sind ein möglichst naturgetreues zweirädriges Miniaturfahr- oder Motorrad mit einer Puppe als Fahrer, ein Motor für den Vortrieb des Fahrrades, eine Batterie als Stromversorgung, ein Motor mit Reduktionsgetriebe zur Lenkung des Fahrrades, ein erfindungsgemäßer Neigungswinkelsensor und eine digitale oder analoge Regeleinheit zur Lenkung und damit Balancierung des Fahrrades.

Die elektrischen Systeme sind vorzugsweise im Körper der Puppe untergebracht. Der Vortrieb des Fahrrades kann entweder vom Antriebsmotor auf dem Sattel über eine unauffällige Antriebsrolle z.B. unterhalb des Sattels auf das Hinterrad erfolgen, die von der Kleidung der Puppe verdeckt wird oder mittels einer Welle, die auf das vordere Kettenrad oder die Hinterradnabe wirkt und die in den Rahmenrohren verborgen ist oder durch einen Kurbelmechanismus, der das Fahrrad über die Beine der Puppe antreibt.

Eine naheliegende Variante besteht darin, den Antriebsmotor auf einen Gepäckträger über einem Hinterrad zu montieren und ihn in einem Miniaturkorb oder ähnlichem Behälter zu verbergen. Der Antrieb kann dann wieder über eine kleine unauffällige Rolle unterhalb des Behälters direkt auf das Hinterrad geschehen.



Helmut Kappner

3103354

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

23-

13. Januar 1981

Blatt 17

Die Steuerung erfolgt über die Arme der Puppe, wie in der Draufsicht in Fig. 18 schematisch dargestellt.

Auf der Achse eines auf dem Sattel 13 installierten Getriebemotors 14 ist eine Querstange 15 mittig verschraubt. An den Enden der Querstange, die die Schulterknochen der Fahrers nachahmt, sind als Arme zwei Längsstangen beweglich gelagert, die mit ihrem anderen Ende ebenfalls beweglich am Fahrradlenker 17 befestigt sind.

Die Lenkung bzw. Balancierung des Fahrrades geschieht so, daß mittels eines Neigungswinkelsensors die Neigung des sich vorwärts bewegenden Spielgerätes zur Vertikalen festgestellt wird und bei Abweichen von einem einstellbaren Referenzwert z.B. ein als Regler beschalteter preiswerter Operationsverstärker dem Steuermotor über einen Verstärker einen neigungsproportionalen Spannungswert zuerteilt, der wiederum über das beschriebene Gestänge das Vorderrad zu einer definierten Korrektur-Auslenkung nach links oder rechts veranlaßt.

Der Referenzwert des Neigungswinkelsensors ist einstellbar, so daß man das Fahrrad auch permanent in einem Kreis mit wählbarem Radius fahren lassen kann. Ferner ist mittels einer zusätzlich eingebauten Programmsteuerung das Abfahren von Figuren, z.B. einer Acht, möglich. Mit geringem Aufwand ist auch eine Fernsteuerung über Funk oder Infrarot oder Ultraschall möglich. Hierbei wirkt die Fernsteuerung entweder auf die einstellbare Referenzneigung oder direkt auf den Steuermotorverstärker.

### 5.2.2. Neigungswinkel- und Querschleunigungs-Messgerät für einspurige Fahrzeuge

Bei einspurigen Fahrzeugen, z.B. bei einem Motorrad, wird die in der Kurvenfahrt auftretende Querschleunigung mittels einer Neigung des Fahrzeuges kompensiert. Die Verhältnisse zeigt Fig. 16.

Das Fahrzeug sei mit seiner Mittellinie M um einen Winkel  $\alpha$  zur Vertikalen geneigt. In seinem Schwerpunkt S greifen die von der Erdbeschleunigung  $g$  und der Horizontalbeschleunigung  $a$  herrührenden Kräfte an. Die Beschleunigungsvektoren lassen sich in die Normalkomponenten zur Mittellinie  $a_n$  bzw.  $g_n$  zerlegen, die in jedem Fahrtzustand betragsmäßig gleich sein müssen, um eine quasistabile Lage des Fahrzeugs zu ermöglichen, sowie die in Richtung der Mittellinie zum Fußpunkt F hin verlaufenden Komponenten  $a_f$  und  $g_f$ . Eine einfache trigonometrische Betrachtung führt zu den Bestimmungsgleichungen

$$a_f = a_n \cdot \tan \alpha \quad \text{und} \quad g_f = g_n \cdot \cot \alpha$$

Wegen  $a_n = g_n$  und  $g_n = g \cdot \sin \alpha$  erhält man

$$s_f = a_f + g_f = a_n \tan \alpha + g_n \cot \alpha = g_n (\tan \alpha + \cot \alpha) = \frac{g}{\cos \alpha}$$

und schließlich  $\alpha = \arccos \frac{g}{s_f}$  ;

Wegen  $\tan \alpha = \frac{a}{g}$  und  $\alpha = \arccos \frac{g}{s_f}$  wird  $a = g \cdot \tan \alpha = g \cdot \tan \arccos \frac{g}{s_f}$

Die beiden genannten Funktionen

$$\alpha = \arccos \frac{g}{s_f} \quad \text{und} \quad a = g \tan \arccos \frac{g}{s_f}$$

beschreiben die Abhängigkeit des anzuzeigenden Neigungswinkels bzw. der anzuzeigenden Querschleunigung von dem (festen) Erdbeschleunigungswert und der (variablen) Summe der Fußpunktvektoren  $s_f$ .

- 25 - 13. Januar 1981

Der variable Wert  $s_f$  dient bei dem erfindungsgemäßen Gerät als Hilfsmeßgröße, der Wert  $g$  als Vergleichgröße. Zur Meßwertaufnahme wird ein Beschleunigungssensor gemäß Anspruch 3 verwendet. Das röhrenförmige Gehäuse wird so in das Fahrzeug eingebaut, daß seine Längsachse bei aufrecht stehendem Fahrzeug vertikal verläuft.

Die im Gehäuse befindliche Masse bewegt sich bei Einwirken der beschriebenen Fußpunktvektorkräfte im Gehäuse zwischen den Schraubenfedern auf und ab. Eine der beiden Federn kann bei dieser Anwendung des Sensors nach Anspruch 3 auch entfallen, so daß z.B. die bewegliche Masse nur von unten von einer Feder getragen wird. Bei ruhendem und aufrechtstehendem Fahrzeug wirkt nur die Erdbeschleunigung  $g$  auf die bewegliche Masse und läßt sie nach Maßgabe der entgegenwirkenden Federkraft eine definierte Ruhelage einnehmen. Bei Kurvenfahrt wird die bewegliche Masse gegen die Feder zusätzlich nach unten gedrückt und nimmt je nach Querschleunigungswert eine dementsprechend definierte Position ein.

Bei Kurvenfahrt von gummibereiteten Einspurfahrzeugen werden erfahrungsgemäß Querschleunigungswerte von 1 g selten überschritten.

Bei ideal linearer Federcharakteristik erreicht hierbei der Anschlag der Masse nach unten den  $\sqrt{2}$ -fachen Wert der Ruhelage, von dem Endpunkt der entspannten Feder aus gemessen.

Für die Abtastung der Masseposition können z.B. die in Ansprüchen 6, 7, 8, 9 und 11 dargelegten Abtastverfahren angewandt werden, vorzugsweise jedoch das Lichtschrankenprinzip nach Anspruch 7. Die Abstände zwischen den diskreten Abtastelementen sollen den oben beschriebenen Funktionen entsprechen, so daß die Distanz zweier Abtastelemente einem linearen Teilungswert der anzuzeigenden Größe (Neigungswinkel oder Beschleunigungswert) entspricht.

Es empfiehlt sich, die oben erwähnte digitale Dämpfungsschaltung zu verwenden, zumal eine Zwischenspeicherung in jedem Falle erforderlich ist.

3103354

Helmut Kappner

Weissdornweg 5  
6720 Speyer

- 26 -

13. Januar 1981

Blatt 20

Es kann zusätzlich ein Spitzenwertdetektor mit Langzeitspeicher eingebaut werden, der den in einer Kurve erreichten Maximalwert registriert und speichert.

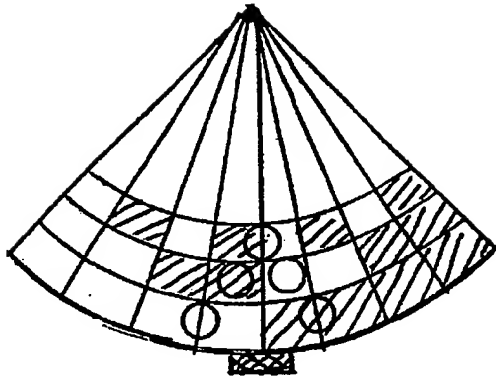


Fig. 1

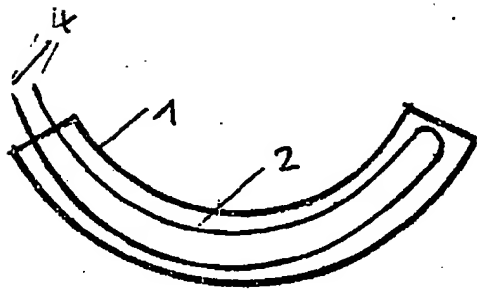


Fig. 2

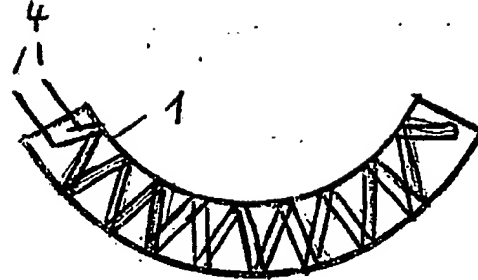


Fig. 3

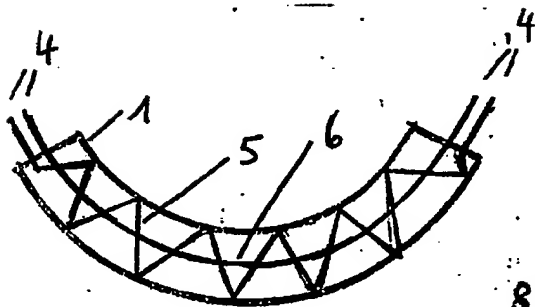


Fig. 4

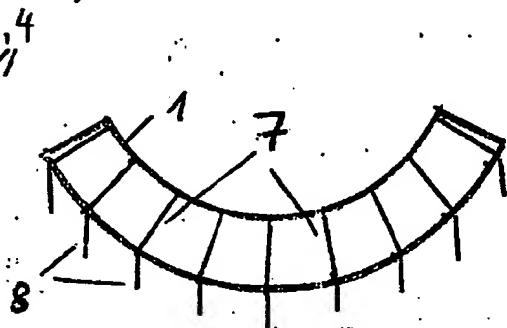


Fig. 5

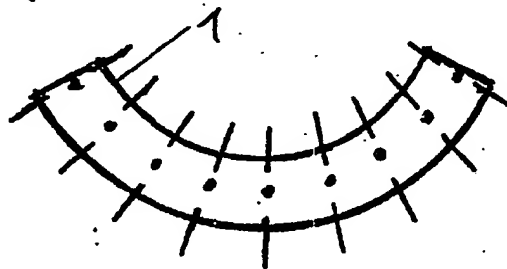


Fig. 6

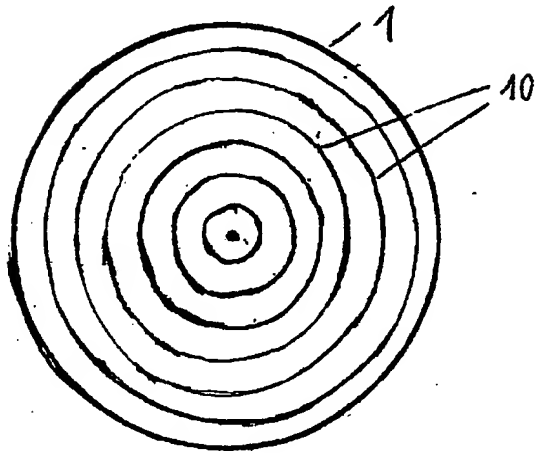
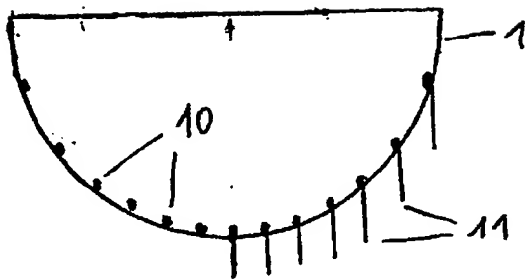


Fig. 7

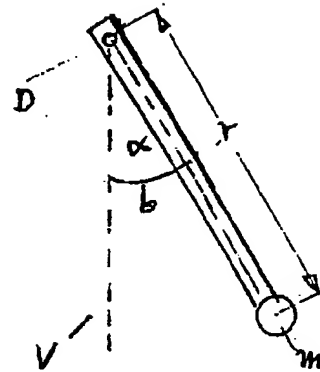


Fig. 8

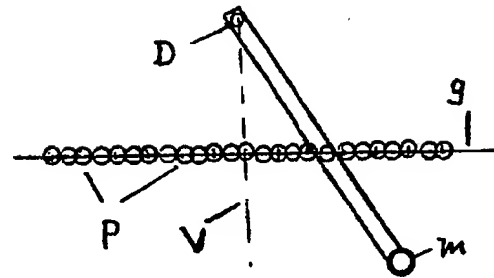


Fig. 9

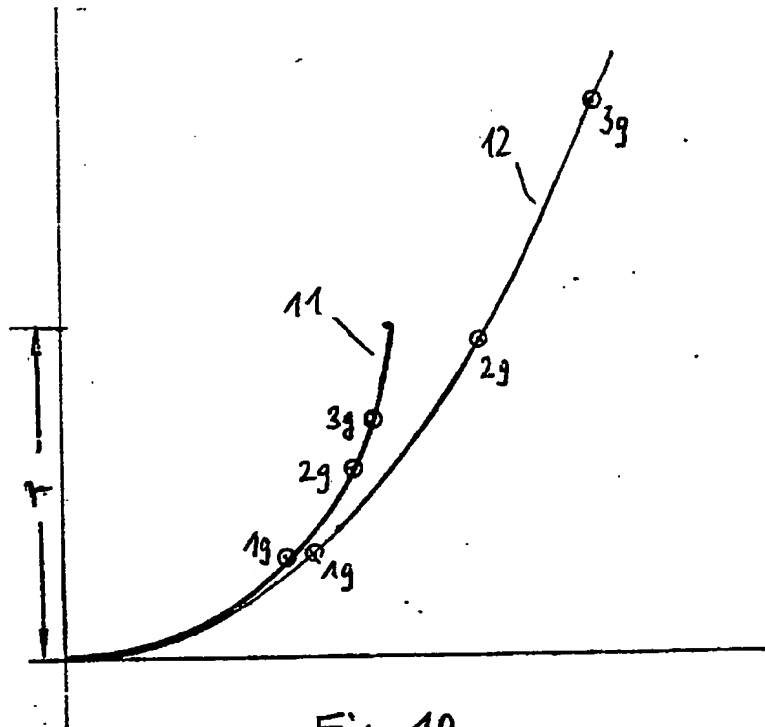


Fig. 10

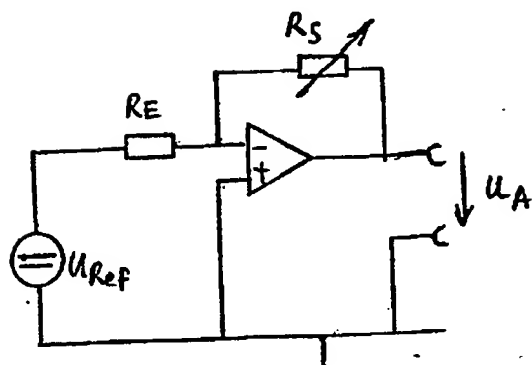


Fig. 11

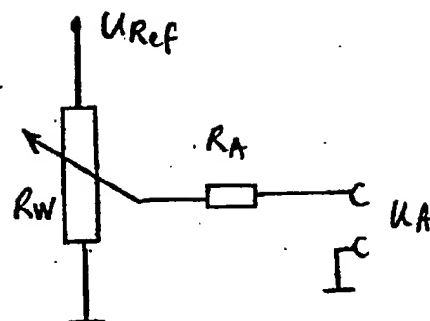


Fig. 12

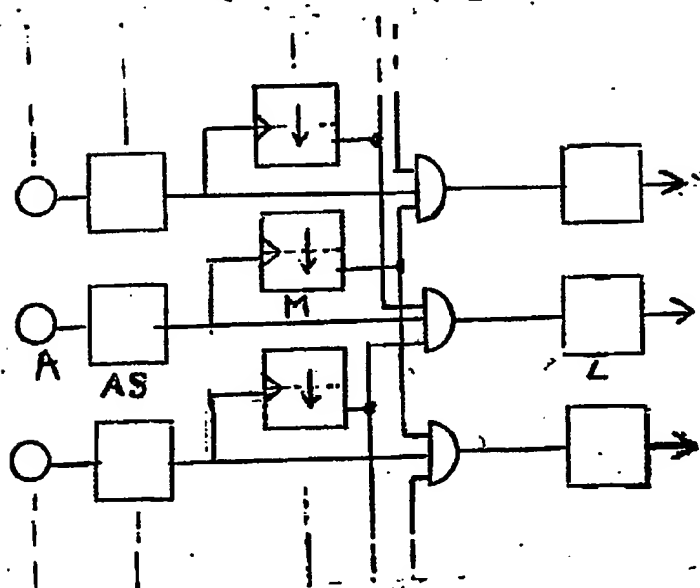


Fig. 13

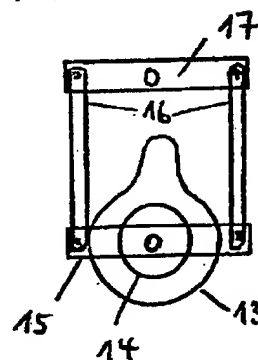


Fig 15

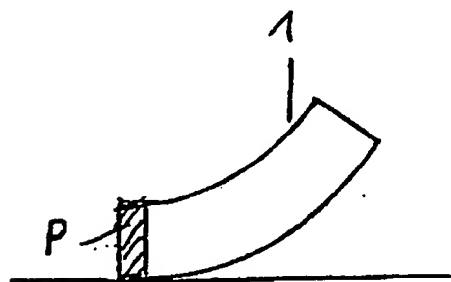


Fig 14

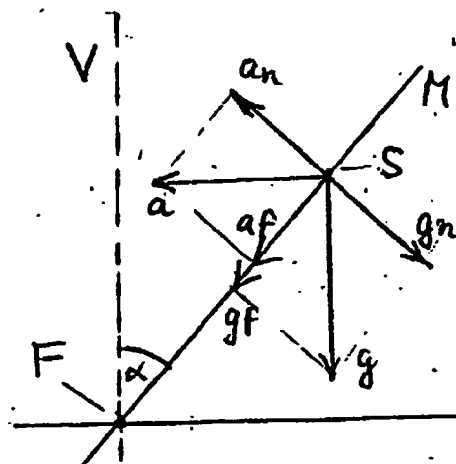


Fig. 16